

RESPUESTA TÉRMICA RÁPIDA EN MACRO/MICRO MOLDEO POR INYECCIÓN.

Rafael Aguirre Flores

Centro de Investigación en Química Aplicada, Blvd. Enrique Reyna Hermosillo #140 Col. Saltillo 400, Saltillo Coahuila, CP 25235 México. raguirre@ciqa.mx

Resumen

La tecnología de respuesta térmica rápida, ha fomentado la posibilidad de crear repetitividad en el proceso de moldeo por inyección, solo para sistemas micro, en esta investigación se desarrollaron dos distintos herramentales, el primero para una pieza de 890 gramos y el segundo una pieza de 0.2 gramos. Se modificaron los herramentales en las zonas que se consideraban mas delicadas en su desempeño mecánico, de tal forma que contuvieran un elemento de alta transferencia térmica, en ambas piezas se trabajo con dos materiales de moldeo, polietileno de alta densidad (HDPE), y un copolímero de estirenos acrilonitrilo (SAN), buscando verificar el efecto sobre amorfos y semicristalinos, en los dos sistemas se incremento la temperatura de 10°C a 200°C en 2 segundos y enfriando la sección de la cavidad en 5 segundos para la pieza macro y 0.5 segundos para la micro. Se evaluaron en los productos terminados propiedades mecánicas, obteniéndose mejora en las secciones riesgosas del 66%, y reducción de los tiempos de ciclo considerables, se establecieron procedimientos para definir el desempeño y la acumulación de esfuerzos congelados mediante ataque químico y las muestras obtenidas por respuesta térmica rápida concluyeron 20 ciclos mas tarde que las muestras normales.

Introducción.

Por algunos años se busco el generar elementos que permitieran que el intercambio térmico entre el plástico y el molde fuera mucho mas rápido; elementos introducidos entre la cavidad y el sistema de enfriamiento, como son los fabricados de aleaciones de cobre y berilio-cobre, el fin, es optimizar la transferencia de calor debido a que ya se tenia el sistema de enfriamiento optimo en cuanto a distribución y forma, trabajos de modificación de elementos del molde¹ en los que se estudiaba la correlación de los distintos tipos de materiales para construcción de cavidades y de insertos para los mismos, propusieron la idea crear piezas confiables controlando el tiempos de enfriamiento lo mas posible en función a las necesidades de producción. Además existen estudios en los que se puede generar sistemas para localizar el enfriamiento en el molde justo en el momento que se requiere, es ideal para eliminar la formación de condensaciones y evaporaciones, uno de los principales problemas que se presentan en moldeo acelerado². A este método se le conoce como sistemas por pulsos.

Investigaciones precursoras de Respuesta térmica rapida³⁻⁵ se realizaron evaluando el momento de inercia, es decir en que momento es necesario aplicar calor en función al ciclo de llenado de la cavidad, para ello utilizaban un equipo rudimentario de termocontroladores de agua y controladores de calor. Esta investigación ayudo a entender el comportamiento de enfriamiento superficial con la entrada de material y la relación de contacto de la superficie de la cavidad con el mismo.

La gran mayoría de los trabajos enfocados a respuesta térmica rápida se ha desarrollado hacia evaluaciones de los distintos fenómenos del moldeo en piezas de tamaños micro, es decir micromoldeo, principalmente por la complejidad que presenta el proceso a la repetitividad, a la cantidad y calidad de los procesos de calentamiento⁶⁻¹¹.

Sección experimental.

Se desarrollaron dos herramientas, por un lado la macro-pieza presenta la sección del punto de inyección como la más delicada, ya que requiere conservar demasiado tiempo caliente la zona para introducir al material plástico hasta el fondo de la cavidad y compensar el encogimiento, pesa 890 gramos de material solidó y requiere 540 milímetros de recorrido de llenado con un espesor nominal de 2.5 milímetros. En un perímetro de 30 mm alrededor del punto de inyección se realizó una ranura, de forma que se pudiera colocar un inserto de cobre-berilio y titanio, además de secciones aisladas de acero P20, con el fin de generar una geometría como la que se muestra en la figura 1.

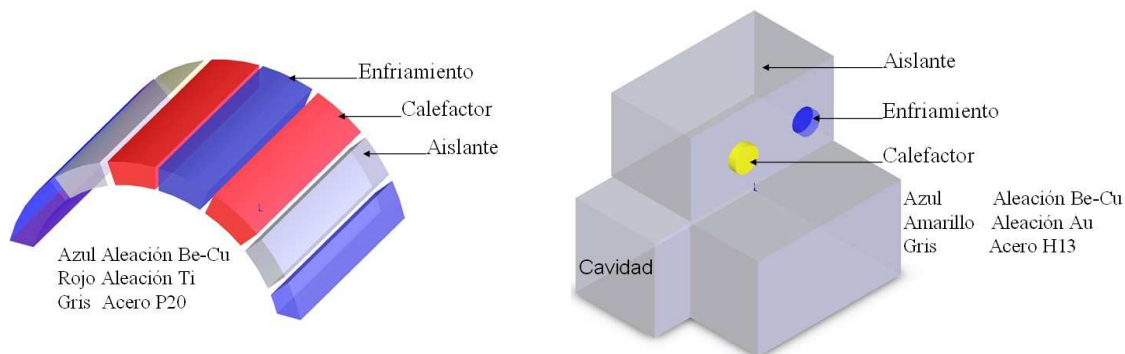


Figura 1, Esquematización del acomodo de insertos en la cavidad de los dos moldes

La pieza micro es un reflector plástico que tiene geometrías prismáticas que en caso de variar las temperaturas de la zona central provocarían una reflexión no óptima, pesa 0.2 gramos con un recorrido de flujo de 0.56 milímetros y un espesor nominal de 0.35 milímetros. En este caso de la micro-pieza se colocaron dos insertos uno para generar calefacción, debido al tamaño de geometría se requería de un material altamente conductivo por lo que se probó con una aleación de oro y otro para generar refrigeración que se utilizó una aleación común de Be-Cu.

En ambos casos se conectaron los insertos a un sistema de potencia eléctrico para hacer pasar por ellos 55 watts en el momento seleccionado con la utilización de un relevador conectado a una computadora personal y a la máquina de moldeo, para el enfriamiento se extendieron los insertos hasta una zona del molde por la que pasara refrigerante controlado por una válvula y un termostato, la válvula estaba unida al sistema de control de la máquina de moldeo por inyección.

Con el fin de evaluar el comportamiento a la temperatura en los moldes se probaron dos materiales plásticos, por un lado un material semicristalino, polietileno de alta densidad, (HDPE) suministrado por PEMEX Petroquímica el PADMEX 65050 de MFI 5.5 y por otra parte un copolímero de estireno acrilonitrilo (SAN), de DOW el Tyrl 100 de MFI 8.1.

Se determinó la temperatura de extracción de la pieza en el momento de la expulsión con una cámara térmica Raytek Termo View Ti30, este equipo tiene la capacidad de generar imágenes con espectros térmicos y además se generó un algoritmo que permite graficar tridimensional los resultados extraídos de la cámara.

La capacidad de resistir a choques térmico en las piezas moldeadas, fue evaluada cuando diez de estas fueron calentadas en una estufa de recirculación de aire a 100°C por un periodo de dos horas, pasado el tiempo se colocaron en un recipiente hermético a temperatura ambiente por dos horas, terminado el tiempo se confinaron en un congelador a -30 °C por dos horas, finalmente se regresaron al recipiente a temperatura ambiente por las ultimas dos horas, en este momento se contabilizaban las piezas fracturadas si es que se presentaban sino se repetía el ciclo, todo ello sin generarles esfuerzos adicionales.

Se propuso como evaluación de la resistencia a esfuerzo mecánico en las piezas, el impactarlas con un dispositivo a una distancia y velocidad controlada, para la pieza macro se genero un dardo de 1.5 kilogramos que se dejo caer directamente en el punto de inyección desde una altura de 2 metros y para la pieza micro un dardo de 200 gramos desde una altura de 60 centímetros. Además se evaluaron los cambios en el modulo de flexión comparativo entre piezas para ello se utilizo un tensilometro Instron Modelo 4301 con dos celdas de detección de cargas, para la pieza Macro 5KN y para la pieza Micro de 500N. Finalmente algunas piezas fueron colocadas en igepal al 100% verificando su desempeño a la resistencia al ataque químico cada hora.

Resultados y discusión

Micro-pieza

Como se puede observar en las figura 2, la capacidad de almacenamiento térmico en la pieza es alta por lo que seguramente el tiempo de enfriamiento fue insuficiente y el tiempo de aplicación del enfriamiento en la sección modificada también, una opción a este problema seria diseñar un diseño de experimentos para verificar los flujos de refrigerante y los tiempos de aplicación de choque eléctrico al dispositivo que permitieran extraer la pieza a la misma temperatura que se hacia sin el sistema de RTR. Este resultado es mas claro al observar los gráficos tridimensionales.

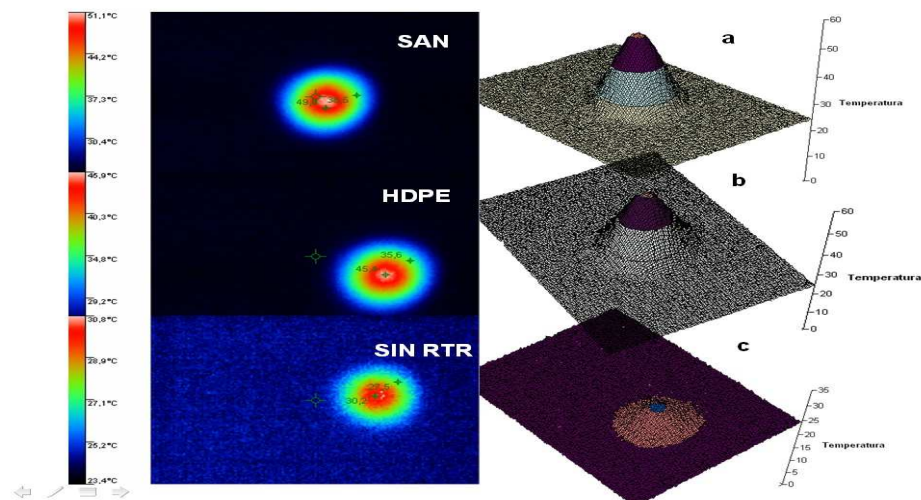


Figura 2, Imágenes y gráficos generados con la termo cámara

Los resultados del desempeño mecánico de las piezas son suficientes para decir que el sistemas mejoro considerablemente el desempeño del producto.

Tabla 1, Resultados de ciclo térmico, modulo de flexión, resistencia al impacto y resistencia a ataque químico para la micro-pieza

Material	SAN	HDPE	SIN RTR(SAN)
Ciclo térmico (ciclos)	22	4	2
Modulo de Flexión (Kg/cm ²)	85.7	57.9	51.4
Resistencia al impacto (Caídas prom.)	5	2	2
Resistencia a ataque químico (horas)	-----	16	1

Seria entendible que el material semicristalino es mas capas de resistir los esfuerzos a flexión que los amorfos, pero la diferencia entre estos se ve beneficiada seguramente a la capacidad de compactación del material ya que en las imágenes térmicas presenta mas acumulación de temperatura en los mismos tiempos de ciclo, por lo que seria lógico que las secciones presentaran una densidad en solidó mucho mas alta, con RTR que si el, la capacidad de reflexión de la luz no se evaluó pero si se escogieron las piezas que no presentaran diferencias en la planicidad de las caras de la cavidad, en teoría sin RTR el material cristalino debería de haber presentado rechupes en las zonas de las caras y no fue así.

Macro-pieza.

Como se puede observar en la figura 3 es muy clara la homogeneidad de la temperatura en el cuerpo de las piezas

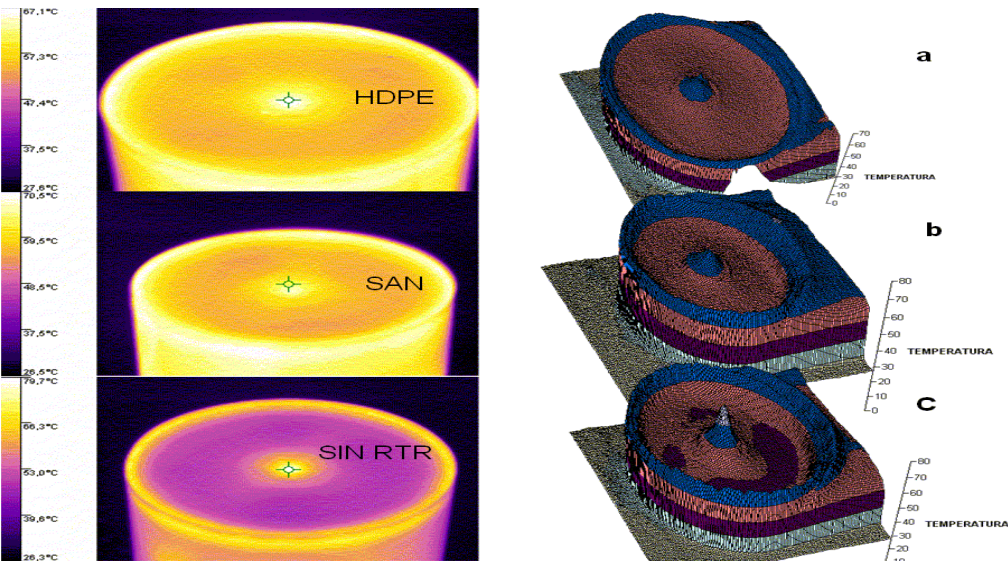


Figura 3, Imágenes y gráficos generados con la termo cámara

Tabla 2, Resultados de ciclo térmico, modulo de flexión, resistencia al impacto y ataque químico para la macro-pieza

Material	SAN	HDPE	SIN RTR(HDPE)
Ciclo térmico (ciclos)	8	13	1
Modulo de Flexión (Kg/cm ²)	109.7	97.9	141.4
Resistencia al impacto (Caídas prom.)	20	10	1
Resistencia a ataque químico (horas)	-----	16	1

El cambio y el incremento en la resistencia a los ciclos térmicos para la pieza macro se ve beneficiado al utilizar RTR, en la imagen c, de la figura 3, se muestra un diferencial notable entre la temperatura del punto de inyección y los extremos de la pieza, con ello las zonas de color marrón pueden generar diferenciales de encogimiento que por la misma geometría de la pieza conserva estabilidad pero al ser sometida a ciclos térmicos tendió a liberar los esfuerzos generados con la aparición de fracturas casi inmediato. Los valores tan altos aun más que los que se presentaron en la pieza manufacturada con SAN en la pieza sin RTR, podría decir que existe una acumulación alta de material rígido en la sección que es indicativo de la baja resistencia al impacto en esta zona.

El comportamiento similar para micro y macro piezas en resistencia a químicos se puede explicar ya que las secciones a evaluar eran en distribución de temperatura muy similares y además los tiempos de moldeo no se variaron ya que lo que se quería evaluar es el proceso de mejora con RTR, solo por verificar la calidad de las piezas se fue disminuyendo gradualmente el tiempo de enfriamiento hasta obtener la pieza en el menor tiempo posible con el cambio dimensional casi nula los ciclos completos se disminuyeron en un 24% para la pieza macro (890 gramos), pasando de un ciclo de cierre a cierre de moldeo de 21 segundos a 15.72 segundos y para la pieza micro de 1.5 segundos a 1.1 segundos. Es necesario evaluar ahora el efecto de RTR en la mejora del proceso.

Conclusiones

Respuesta térmica rápida (RTR) mostró ser una alternativa más eficaz para la estabilidad de las piezas obtenidas y comparado con procesos convencionales. En macro-moldeo demostró asistir en la estabilidad térmica del punto de inyección y del cuerpo de la pieza. Los tiempos de ciclo se ven mejorados visto desde un punto superfluo pero es necesario realizar mas trabajo de corroboración

Agradecimientos

Se agradece la cooperación en la realización de esta investigación a las empresas de Envases de plástico zapata y Battenfeld.

Referencias

1. Dr. Paul Engelmann et al, ANTEC 1996, p.1041.
2. Trina R. Carl et al, ANTEC 2002, p. 1202.
3. Byung Kim et al, Polymer Plastic Technology and Engineering, 1986 25, 1, p.73
4. K. M. B. Jansen et al, Polymer Engineering and Science, Mid-June 1994, 34, 11 p.894
5. Ming Chen et al, Polymer Plastic Technology and Engineering, 2001, 40, 4
6. D. Yao et al, Polymer Plastic Technology and Engineering, 2002, 41, 5.p.819
7. Donggang Yao et al, Polymer Engineering and Science, December 2002, 42, 12. p.2471
8. Donggang Yao et al, Journal of Injection Molding Technology, 2002, 6, 1.p.11
9. D. Yao et al, Applied Thermal Engineering 2003, 23.p.341
10. W. Liu et al, ANTEC 2004. p933
11. Weidan Liu et al, ANTEC 2005. p 956